研究主題

科学的な思考力と表現力を養うパフォーマンス課題

―大気圧の知識・理解を活用する課題設定及び授業実践例―

中野区立南中野中学校　髙田　太樹

Ⅰ　はじめに

空気は目に見えない。よって，大気圧の理解のためには，目に見えないものから力がはたらくことや，目に見えないものに重さがあることを実感する観察，実験を行うことが必要である。大気圧の実験といえば，缶やペットボトルをつぶす実験などダイナミックで印象的な実験が多い。新学習指導要領の要点の一つである「科学的な思考力や表現力の育成を図る」ためには，印象深い実験によって得られた「目に見えないもの」に対する知識・理解を活用する課題設定が必要である。ここでは，「噴水づくり」を通して生徒の思考内容を表現させた「パフォーマンス課題」としての授業事例を紹介する。

Ⅱ　パフォーマンス課題について

研究内容について述べる前に，「パフォーマンス課題」について触れる。「児童生徒の学習評価の在り方について（報告）」の中で，「思考力・判断力・表現力等を評価するに当たって，『パフォーマンス評価』に取り組んでいる例も見られる」と記されている。図１は様々な評価方法を示したものである。パフォーマンス評価とは，図に示すような知識やスキルを実際に活用して作品を生み出させたり，実演を行わせたりすることによって，子どもたちの理解の様相をとらえようとするものである。

図１　様々な評価方法 2)

パフォーマンス課題は，パフォーマンス評価の方法の中でも，リアルな文脈において様々な知識やスキルを総合して使いこなすことを求められるような複雑な課題である。1) 本時で行うパフォーマンス課題は，科学的現象の原理説明を話し合いや口頭発表を通して取り組んでいくものであり，図１の下線部にあたる。

Ⅲ　本時のねらい

日常生活の中には大気圧を利用した製品や現象があふれている。その中の一つとして「噴水」がある。生徒は「噴水の作製」→「噴水原理の推定」→「噴水原理の説明」→「自己評価」というプロセスを踏む。生徒がこの中で，噴水の原理を大気圧の存在と関連付けて説明する力が養われていくことを通して，科学的概念を定着させたいと考える。

Ⅳ　課題設定と本時の流れ

本時は，表１に示したように１分野「力と圧力」の単元を一通り学習し終わった単元末に行う。また，表１には単元内のどの知識･技能を本時で活用し総合的に使いこなして欲しいかを矢印で示した。

本時では，下のような課題と噴水の組み立て方が書かれたワークシート（「取扱い説明書」）と噴水の材料を生徒へ配布し，表２のような手順で課題に取り組ませる。

> **パフォーマンス課題**
> 箱の中には噴水の材料が入っています。材料と一緒に入っている紙は，噴水の組み立て方と原理説明が書いてある「取扱い説明書」です。しかし，用紙の一部が汚れてしまい，内容が読めなくなっています。不完全になっている噴水の「取扱い説明書」を完成させ，内容を説明しなさい。

噴水の材料は，「ペットボトル２つ」「ストロー２本」「穴が２つあいたペットボトルのフタ２つ」とし，班で１セット配布する。※作製方法の詳細は最終ページに記載。

Ⅴ　本時の留意点

２つのペットボトル内の気圧の差によって空気がストロー内を上昇することに気付かせたい。しかし，その後の「空気の上昇に伴って，水も上昇する」現象に関し

では，中学生の学習内容では説明が難しい。よって，この点は以下のような実験を事前に行うことで補足したい。

補足実験

①下図のような装置をペットボトルとストローで作製する。

②息を吹いた場合，ストローの反対側の口から出てくるのは空気と水どちらかを予想させる。

③口からは空気と共に水も出てくることを観察させ，ストロー内に入った水が空気に押し出されることを説明する。

Ⅵ　言語活動による科学的な思考力の育成

本時は，噴水を組み立てることから始まる。このことにより，穴の場所や数，ストローの長さなどをじっくり観察することができるだけでなく，噴水の構造が複雑ではないことに気付かせることができる。そのため，多くの生徒にとって意見が出しやすく取り組みやすい課題設定であると言える。

また，ペットボトル内の水には食紅で色をつけさせている。こうすることで水の移動を観察しやすくしている。

班での議論は大変盛り上がる。目の前に噴水があるため，現象をくり返し観察できることが利点である。ペットボトルを逆さまにするタイミングを色々と変えてみたり，解体してペットボトルの接続部分を再度確認してみたりする班もある。

噴水の取扱い説明書

噴水の設計図と組み立て手順

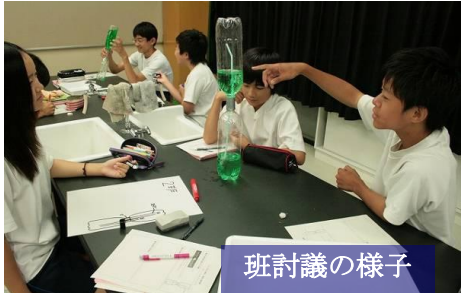
①２本のストローを図のようにフタにさしこむ。

※ペットボトルにフタを装着させたときにペットボトルの底からストローの端が２㎝以上離れているように，ストローの長さをハサミで調整する。

②１本のペットボトルに８０％ほど水を入れ，しっかりフタをする。

③もう一方のペットボトルもフタをする。

④上下のペットボトルを逆さまにすると噴水が始まる。

噴水の原理

なぜ水が吹き出るかというと，

からである。

班で討議した結果はホワイトボードに記入してまとめさせる。噴水の構造が単純であるため，図を効果的に使ってまとめている班が多い。

班ごとの発表の仕方にも多くの工夫が見られる。実際に噴水の現象を見せながら順を追って説明する班や，空気や水の気持ちになって会話するように説明する班まである。

表１　学習指導計画

時	項目	学習内容
1	力のはたらき	力の３つのはたらきを知る。 物体に力がはたらいている例を分類する。
2	**いろいろな力**	**身の回りの様々な力を体感する。**
3	グラフのかき方	グラフのかき方を知り，実験結果を考察する。
4	力の大きさとばねののび	【実験】力の大きさとばねののびの関係を調べる。 ばねののびは加えた力の大きさに比例することを知る。
5	**力の表し方**	**力を矢印を使って作図する。 力の大きさをニュートンで表す。**
6	重さと質量のちがい	月面などの様子をもとに重さと質量のちがいを考える。
7	**圧力**	**【実験】スポンジのへこみ方のちがいを調べる。 圧力は力の大きさと面積に関係があることを知る。**
8	圧力の計算	計算によって圧力を求める。
9	**水の圧力**	**【実験】水の中でのゴム膜の変化を調べる。 水圧はあらゆる方向にはたらくことを知る。**
10	浮力	【実験】ばねばかりで水中の浮力を調べる。 浮力は物体の体積に比例することを知る。
11	**空気の圧力**	**【実験】空気に質量があるか調べる。 大気圧は空気の重さによって生じていることを知る。**
12	**探究活動（本時）**	**【実験】噴水を作製し，原理を推定する。**

表２　本時の指導と評価の流れ

時間	学習活動		教師の指導	評価方法
10分	導入	○課題についての説明を聞き，本時のねらいを明らかにする。	◇課題と噴水の組み立て方が書かれたワークシート（「取扱い説明書」）と噴水の材料を生徒へ配布する。	
	パフォーマンス課題 箱の中には噴水の材料が入っています。材料と一緒に入っている紙は，噴水の組み立て方と原理説明が書いてある「取扱い説明書」です。しかし，用紙の一部が汚れてしまい，内容が読めなくなっています。不完全になっている噴水の「取扱い説明書」を完成させ，内容を説明しなさい。			
		○ワークシートをもとに噴水を組み立てる。	◇机間巡視しながら噴水の作製を支援する。	
15分	展開①	○作製した噴水を観察し，噴水の原理を生徒一人一人が推測する。（１回目の原理説明書の作成） 作製されたペットボトル噴水 ○生徒一人一人が推測した原理をもとに班で討議する。	◇補足実験を行い，「空気の上昇に伴って，水も上昇する」現象を説明する。 班討議の様子 ◇ホワイトボードを班に配布し，班討議の結果をまとめさせる。	記述内容の分析
15分	展開②	○班での意見をまとめ発表・共有する。 班ごとに噴水原理の発	班討議の結果をホワイトボードへまとめる ◇班発表毎に質疑応答の時間をとり，発表内容を深めていく。	
10分	まとめ	○討議・共有した意見をもとに，再度噴水が起きる原理の説明書を作成する。（２回目の原理説明書の作成） ○自己評価をワークシートへ記入する。	◇課題を再度確認し，班ではなく個人個人の意見を記入させる。	記述内容の分析

本時では，下記のように言語活動を重ねていくことで，科学的な思考力や表現力を養うことをねらいとしている。授業で使用したワークシートには，下記の①と⑤を記入するようになっており，⑤を記入後に「自己評価」を行わせ，回収・評価する。

①「最初の原理説明（個人）」
②「班討議」
③「意見をまとめる（ホワイトボートへの記入と原稿づくり）」
④「原理説明を発表（質疑応答）」
⑤「二度目の原理説明（個人）」

Ⅶ　生徒の考え方の変容と評価

班の中での討議と他の班の発表を聞くことによって，生徒の考え方や表現の仕方にどのような変化が生じたであろうか。図２は，ある２人の生徒が授業の最初に書いた「噴水の原理」と，授業の最後に書いた「噴水の原理（改訂版）」である。

左の生徒は，「下から上に空気が押し上げられる」と最初書いているが，「気圧」について触れていた他の班の意見をもとに，気圧の変化に着目した表現に変わっている。

右の生徒も，最初は水と空気が移動していることを表現しているだけであったが，最終的には，目に見えない

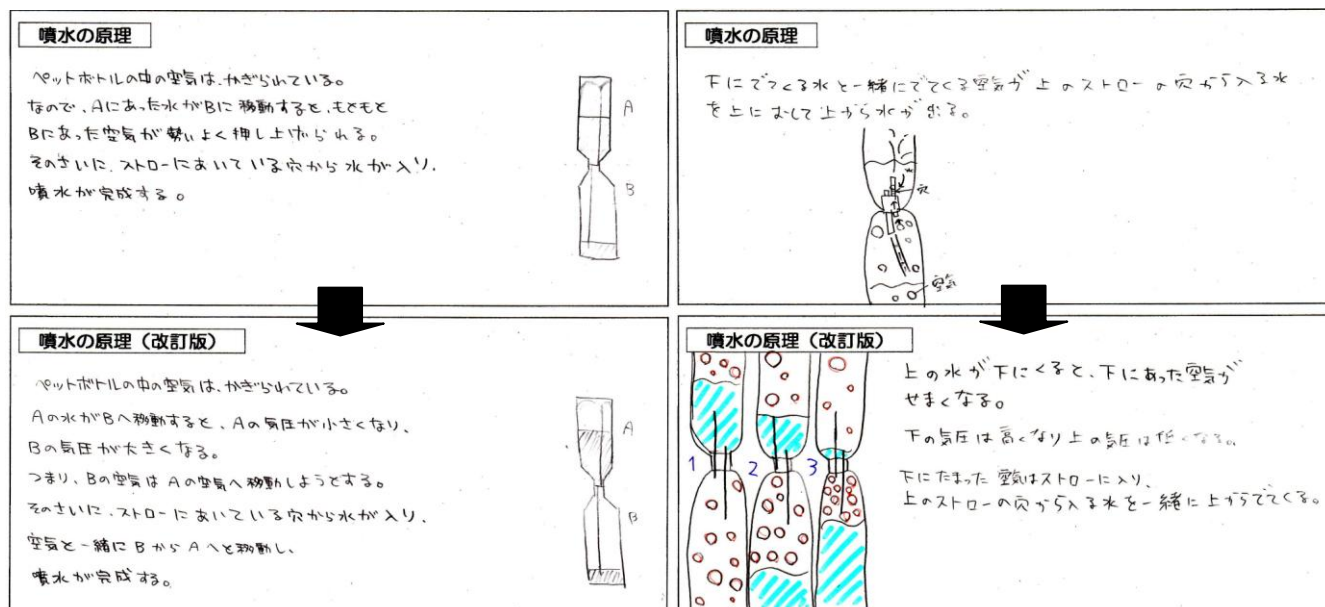



図２　授業の最初と最後とでの「噴水原理説明」の変容

空気の粒子を図で用いるなど, 気圧の概念を上手に用いて表現している。

このような生徒の変容に対する評価は表３のようなルーブリック（判定基準）にしたがって行う。本パフォーマンス課題の設定は「取扱説明書を完成させなさい」であるため，時系列にそってわかりやすく説明できているかどうかをルーブリック４段階目（「よい」）の項目に入れている。また，ルーブリック２段階目（「あと一歩」）における「表現が間違っている」例としては,『気圧の高低を逆に説明している』ものや,『「気圧が移動する」といった表現をしている』もの等である。
授業の最初と最後に生徒が書いたそれぞれの「噴水の原理」を同ルーブリックによって評価した結果を比較したものが図３である。最初，噴水の現象を科学的概念を用いて正しく表現できている生徒（ルーブリックによる評価「普通」以上）は３分の１にすぎないが，授業の最後には４分の３以上となっている。

以下に生徒の自己評価を示す。

- 最初は全く噴水の原理が分からなかったけれど，気圧の変化に注目して考えたら分かった。
- 実験はとても面白かった。噴水に気圧が関係していることが分かったが，上手く説明できなかった。
- 最初見たときどういう原理か分からなかったが何回も見ることにより深く理解することができた。気圧の力の強さがとても強いことがこの実験でより理解することができた。

頭の中で「何となく」理解できたことを言葉や文章に直すことの難しさを感じた生徒が多かったようである。しかし, 原理の説明の変容や自己評価の内容から分かるとおり, 思考内容を文章化する過程を経る本パフォーマンス課題によって, 科学的な思考力や表現力を養うことができる。

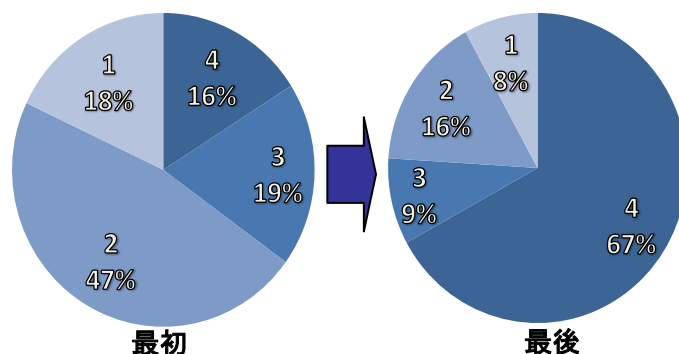



図３　授業の最初と最後での「噴水原理説明」の変化

Ⅷ　おわりに

生徒の中には, 空気と水が交互に噴射されることに着目して自分なりの考えを発表したり，２つのペットボトル内の気圧を同じにして噴水を止めようと試みたりするものもいる。生徒の可能性に驚き嬉しくなる。これもパフォーマンス課題の利点であろう。

参考文献

１）西岡加名恵「パフォーマンス課題の位置づけとつくり方」『理科の教育』9 月号, vol.60, No.710, pp.9-12, 東洋館出版社，2011.

２）西岡加名恵「パフォーマンス課題の作り方と活かし方」『「活用する力」を育てる授業と評価』，p8，学事出版，2009.

表３　本授業におけるルーブリック

段階	内容
4　よい	ペットボトル内の気圧の変化に着目し正しく説明している。 気圧の変化に伴う空気と水の移動を時系列でただしく説明している。
3　普通	ペットボトル内の気圧の変化に着目し正しく説明している。
2　あと一歩	空気と水の移動について正しく説明しているが、気圧の変化に着目できていない。 気圧の変化に着目しているが、表現が間違っている。
1　努力が必要	説明できない。

ペットボトル噴水作製方法の詳細

１）準備するもの
・ペットボトル（フタ付き）２個
※ペットボトルはどの大きさのものでもよい。大きいものほど迫力ある噴水となるが，500ml のものが扱いやすい。
・ストロー２本
※細すぎると迫力と安定に欠けるため，最も一般的な径６mm 程度のものが良い。
※曲がるタイプのものでも問題ない。
・千枚通し
・プラスチック用接着剤
・耐水性テープ

２）作製手順及び留意点
全て最初から生徒に行わせてもよいが，本時では手順①～④は教師が事前に行い，⑤以降を生徒に行わせた。
①ストローの片側の端から３～４㎝程度の場所に小さな穴をあける。

※穴の直径は２mm 程度とし，千枚通しや火がついた線香等を用いてあける。
※穴の数は理論上１カ所でも良いが，四角形となるように４カ所開けると上手くいく。
②ペットボトルのフタをプラスチック用接着剤で接着させる。

※接着の前に接着部に紙ヤスリをかけておくと接着しやすい。
③ストローの径に合わせた穴を２つあける。
※穴は，千枚通し等であけると時間がかかるため，技術科室の電動ドリルを使用すると速く正確である。
④水に強いテープを用いて接続部を補強する。

⑤２本のストローを図のようにフタにさしこむ。
※ペットボトルにフタを装着させたときにペットボトルの底からストローの端が２㎝以上離れているように，ストローの長さをハサミで調整する。
※ストローに開けた穴の位置とフタの位置関係に注意する。
⑥１本のペットボトルに８０％ほど水を入れ，しっかりフタをする。
⑦もう一方のペットボトルもフタをする。
⑧上下のペットボトルを逆さまにすると噴水が始まる。